

(19)



(11)

EP 2 637 176 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
11.09.2013 Patentblatt 2013/37

(51) Int Cl.:
H01B 3/02 (2006.01) **H01B 3/34** (2006.01)
H01B 3/40 (2006.01) **H01F 27/28** (2006.01)
H01F 27/32 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12158388.4**

(22) Anmeldetag: **07.03.2012**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
 Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

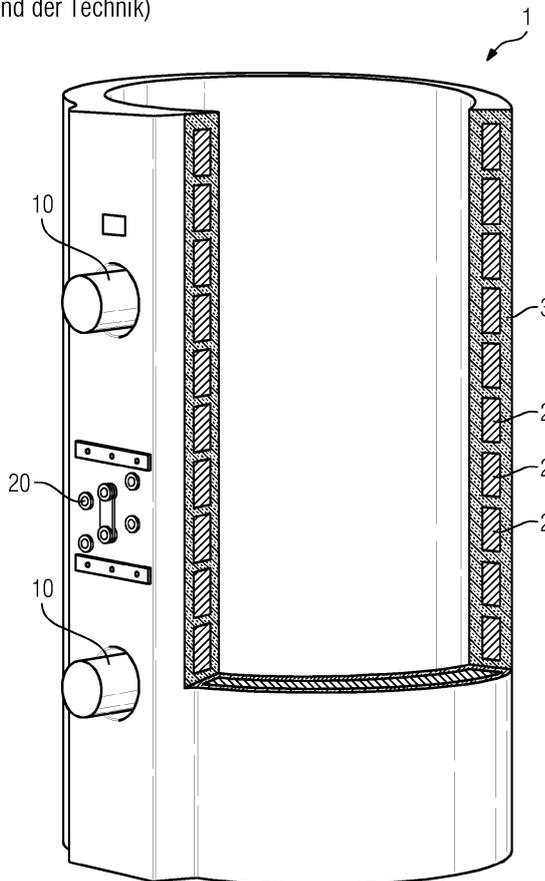
(72) Erfinder:
 • **Hofmann, Bernd**
73230 Kirchheim (DE)
 • **Seidel, Christian, Dr.**
90571 Schwaig (DE)

(54) **Elektrische Wicklung**

(57) Die Erfindung betrifft eine elektrische Wicklung (1) mit einem Wicklungsleiter (2) mit zumindest einer Windung und einer den Wicklungsleiter (2) zumindest teilweise umschließenden elektrischen Isolierung (3) aus

einem Isoliermaterial. Zur Verbesserung der Wärmebelastbarkeit ist in dem Isoliermaterial ein Phasenwechselmaterial eingebettet, welches eine Phasenübergangstemperatur zwischen 40° Celsius und 200° Celsius aufweist.

FIG 1
 (Stand der Technik)



EP 2 637 176 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine elektrische Wicklung gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Elektrische Wicklungen, wie sie in elektrischen Maschinen wie Motoren, Generatoren, Drosseln oder Transformatoren Verwendung finden, setzen einen Teil der elektrischen Leistung in Wärme um. Ab einer bestimmten Leistungsklasse, sind Maßnahmen zum Wärmemanagement notwendig, die eine Überhitzung der elektrischen Wicklung verhindern. Typische Beispiele solcher Maßnahmen sind Kühlkörper, Kühlkanäle, Kühlung durch Flüssigkeiten oder durch Luftströmung. Bei Maschinen, die starken zeitlichen Leistungsschwankungen unterworfen sind, treten in der elektrischen Wicklung Temperaturschwankungen auf. So wird beispielsweise ein Transformator in einem Solarpark tagsüber bei Sonnenschein an seiner Leistungsgrenze betrieben und entsprechend heiß werden und nachts wieder abkühlen. Ähnliche Beispiele hierfür sind Transformatoren in der Stromversorgung für den öffentlichen Personennahverkehr, Motoren in Aufzügen oder zum Anfahren großer Anlagen. Bei solchen Anwendungen werden die elektrischen Wicklungen erfahrungsgemäß nach der größten Wärmebelastung dimensioniert. Durch eine verbesserte Wärmebelastbarkeit dieser elektrischen Wicklungen könnte die Dimensionierung entsprechend kleiner ausfallen, was kostengünstiger ist und einen verbesserten Wirkungsgrad zur Folge hat.

[0003] Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine elektrische Wicklung anzugeben, die über eine besonders gute Wärmebelastbarkeit verfügt.

[0004] Die Aufgabe wird mit den Mitteln der Erfindung gemäß Patentanspruch 1 gelöst.

[0005] Erfindungsgemäß wird dabei bei einer elektrischen Wicklung mit einem Wicklungsleiter mit zumindest einer Windung und einer den Wicklungsleiter zumindest teilweise umschließenden elektrischen Isolierung aus einem Isoliermaterial in das Isoliermaterial wenigstens ein vom Isoliermaterial verschiedenes Phasenwechselmaterial eingebettet, wobei das Phasenwechselmaterial eine Phasenübergangstemperatur zwischen 40° Celsius und 200° Celsius aufweist.

[0006] Ein Phasenwechselmaterial ist dabei ein Material, dessen latente Schmelzwärme, Lösungswärme oder Absorptionswärme wesentlich größer ist als die Wärme, die es aufgrund seiner normalen spezifischen Wärmekapazität ohne den Phasenumwandlungseffekt speichern kann. Die spezifische Phasenumwandlungsenthalpie, also die Energie, die benötigt wird, um das Material von einer Phase in eine andere Phase zu überführen, beträgt dabei meist mehr als 100 Kilojoule pro Kilogramm.

[0007] Vorteilhaft daran ist, dass das Phasenwechselmaterial bei einer Erwärmung über die Phasenübergangstemperatur, die zugeführte Wärme ohne Temperaturerhöhung aufnimmt. Erst wenn die gesamte Menge

des Phasenwechselmaterials den Phasenübergang vollzogen hat, tritt eine weitere Temperaturerhöhung ein. Bevorzugt wählt man die Phasenübergangstemperatur so, dass diese unterhalb der der Wärmebelastbarkeitsgrenze entsprechenden Temperatur der elektrischen Wicklung liegt. Bei einer kurzzeitigen Spitzenbelastung der elektrischen Wicklung kann so vermieden werden, dass die Wärmebelastbarkeitsgrenze erreicht wird und die Maschine, in der die Wicklung verbaut ist, ausfällt oder abgeschaltet werden muss. Ist die Spitzenbelastung vorüber, kühlt die Wicklung und damit das Phasenwechselmaterial wieder ab. Das Phasenwechselmaterial durchläuft dabei einen Phasenübergang in umgekehrter Richtung wie beim Erwärmen, dabei wird die vorher durch den Phasenübergang gespeicherte Wärme wieder frei.

[0008] In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung weist das Phasenwechselmaterial einen Phasenübergang zwischen fest und flüssig bei einer Phasenübergangstemperatur zwischen 40° Celsius und 200° Celsius auf. Phasenwechselmaterialien mit einem Phasenwechsel von fest nach flüssig weisen häufig eine besonders vorteilhafte Phasenumwandlungsenthalpie auf. Eine Phasenübergangstemperatur zwischen 40° Celsius und 200° Celsius ist besonders gut für den typischen Einsatzbereich der Erfindung geeignet.

[0009] Besonders vorteilhaft ist dabei, wenn das Phasenwechselmaterial ein Material oder eine Mischung aus Materialien aus der Gruppe der Paraffine, der Salzhydrate und deren Mischungen oder der Salze und deren eutektischen Mischungen enthält. Diese Phasenwechselmaterialien sind besonders kostengünstig und decken einen breiten Temperaturbereich der Phasenübergangstemperatur ab.

[0010] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist das Phasenwechselmaterial in Mikrokapseln eingeschlossen. Die Mikrokapseln können dabei entweder durch Hohlräume in der Isolierung gebildet werden, vorzugsweise werden aber Volumina von 0,1 ml bis 10 ml des Phasenwechselmaterials in Kapseln mit einer festen Kapselwand eingeschlossen. Dadurch liegt das flüssige Phasenwechselmaterial in einer granulatartigen Form vor und kann leicht verarbeitet werden, also beispielsweise mit dem Isoliermaterial, das ebenfalls in granulatartiger Form vorliegen kann, gemischt werden.

[0011] Vorzugsweise weist das Phasenwechselmaterial einen Phasenübergang zwischen fest und fest bei einer Phasenübergangstemperatur zwischen 40° Celsius und 200° Celsius auf. Vorteilhaft hieran ist, dass bei solchen Materialien die Dichteänderungen beim Phasenwechsel besonders klein ausfallen, und so die Isolierung mechanisch weniger durch bei Temperaturänderungen expandierendes beziehungsweise komprimierendes Phasenwechselmaterial belastet wird.

[0012] Dabei wird vorzugsweise ein Material oder eine Mischung aus Materialien aus der Gruppe der Paraffine, der Polyalkohole, der Salzhydrate oder der vernetzten Makromoleküle als Phasenwechselmaterial gewählt.

[0013] Die Isoliermaterialien, die bekanntermaßen für

die Isolierung von elektrischen Wicklungen eingesetzt werden, haben häufig nur eine geringe Wärmeleitfähigkeit. Um die von der elektrischen Wicklung produzierte Wärme besser aufnehmen und wieder abgeben zu können, können dem Isoliermaterial Mittel zur Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit zugesetzt sein. Dies kann beispielsweise Graphit sein. Falls das Zusatzmittel elektrisch isolierende Eigenschaften aufweisen soll, können beispielsweise keramische Partikel wie Aluminiumoxid, Siliziumkarbid oder Bornitrid verwendet werden.

[0014] Ferner kann es vorteilhaft sein, wenn in das Isoliermaterial wenigstens zwei verschiedene Phasenwechselmaterialien mit verschiedenen Phasenübergangstemperaturen eingebettet sind, die insbesondere miteinander vermischt sind. Durch eine Mischung von Materialien mit verschiedenen Phasenübergangstemperaturen kann die resultierende Phasenübergangstemperatur auf die gewünschte Maximaltemperatur der elektrischen Wicklung angepasst werden.

[0015] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung sind mehrere insbesondere alle Windungen des Wicklungsleiters gemeinsam mit dem Isoliermaterial vergossen. Eine solche teilweise oder vollständig vergossene elektrische Wicklung ist besonders gut gegen Umwelteinflüsse geschützt.

[0016] Besonders vorteilhaft wird als Isoliermaterial ein Gießharz verwendet. Dieses lässt sich einfach verarbeiten und schützt die elektrische Wicklung besonders gut.

[0017] Bevorzugt wird eine erfindungsgemäße elektrische Wicklung als Ober- und/oder Unterspannungswicklung in einem Transformator, insbesondere in einem Gießharztransformator eingesetzt.

[0018] Im Folgenden wird die Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt:

Figur 1 eine Schnittdarstellung einer elektrischen Wicklung gemäß dem Stand der Technik

[0019] Die Figur 1 zeigt eine elektrische Wicklung 1, wie sie aus dem Stand der Technik bekannt ist. Dargestellt ist eine einzelne Oberspannungswicklung 1 eines Gießharztransformators. Diese ist im oberen Teil aufgeschnitten, so dass die Schnittflächen von mehreren Windungen des Wicklungsleiters 2 zu sehen sind. Die Windungen des Wicklungsleiters sind gemeinsam von einer elektrischen Isolierung 3 umschlossen. Das Isoliermaterial der elektrischen Isolierung 3 besteht hier aus einem Gießharz. Dieses wird unter Vakuum in eine Form gegossen, die den Wicklungsleiter 2 enthält. Zu sehen sind außerdem die Schaltverbindungen 10 mit denen die Wicklung 1 beispielsweise in einer Dreieckschaltung mit weiteren Wicklungen zusammengeschaltet werden kann und die Anzapfungen 20, mittels derer die Anzahl der zur Oberspannungswicklung zusammengeschalteten Windungen des Wicklungsleiters 2 verändert werden kann.

[0020] Das Isoliermaterial ist hier ein Gießharz. Meist werden dabei Epoxidharze verwendet. Weitere Bestand-

teile des Isoliermaterials können Verstärkungsmaterialien wie Glasmehl, Glasfasern oder anorganische Füllstoffe, Füllstoffe zur Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit wie beispielsweise Aluminiumoxid oder Siliziumkarbid sowie Verarbeitungshilfsstoffe wie Reaktionsverdünner oder Dispersionsadditive sein.

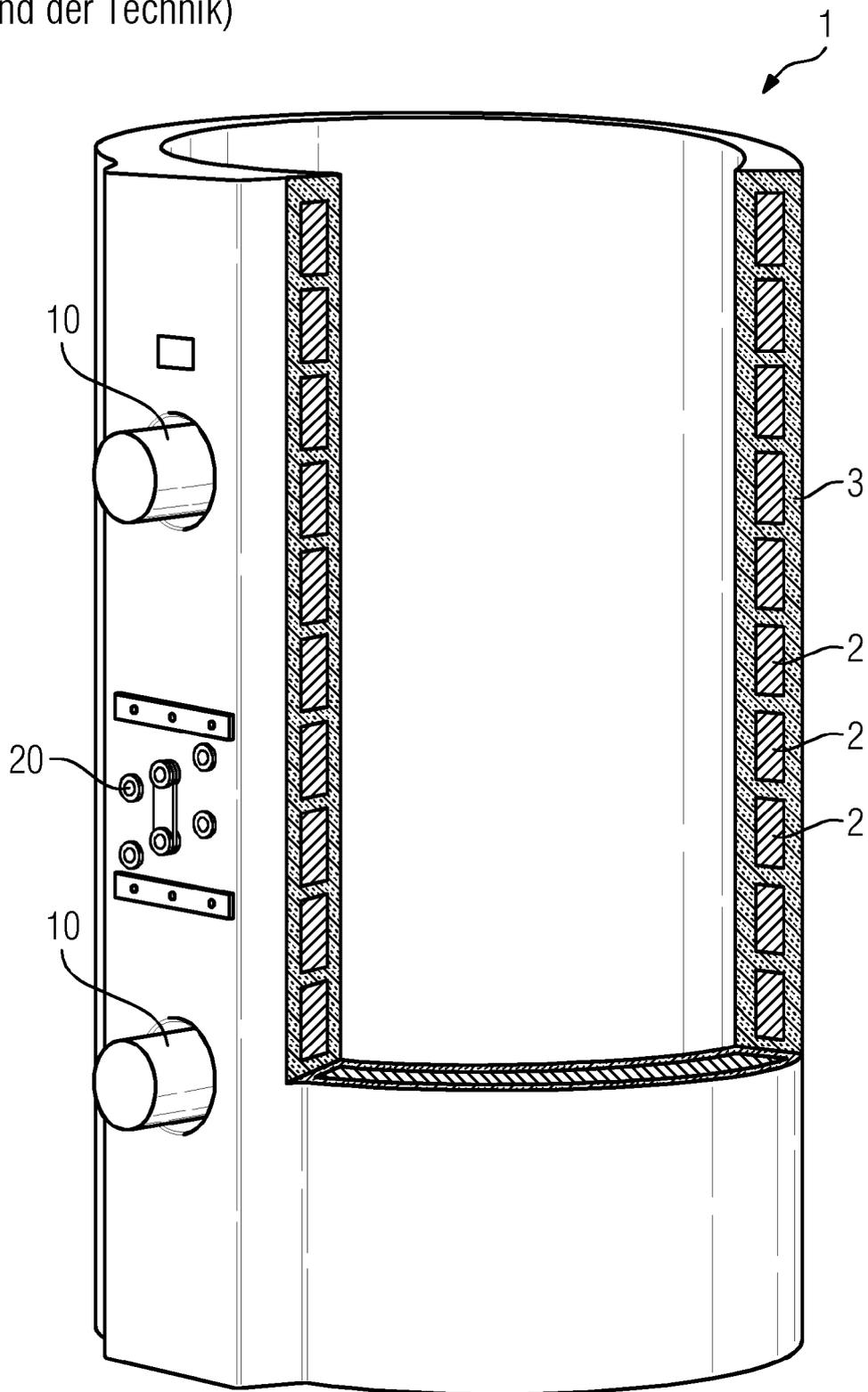
[0021] Erfindungsgemäß ist in das Isoliermaterial ein Phasenwechselmaterial (hier nicht sichtbar) eingebettet. Dieses Phasenwechselmaterial kann dem Isoliermaterial entweder direkt vor dem Verguss beigemischt werden, oder es kann dem Isoliermaterial bereits beigemischt sein. Das Isoliermaterial kann dabei beispielsweise in flüssiger Form oder als Granulat vorliegen und auch aus mehreren Komponenten bestehen, wie zum Beispiel einem Harz und einem Härter. Das Phasenwechselmaterial kann in dem Isoliermaterial homogen oder inhomogen verteilt sein, beispielsweise könnte das Phasenwechselmaterial in der Nähe des Wicklungsleiters 2 höher konzentriert sein, als im Randbereich der Isolierung. Dies könnte beispielsweise erreicht werden, indem vor dem Verguss Phasenwechselmaterial auf den Wicklungsleiter 2 aufgebracht wird.

25 Patentansprüche

1. Elektrische Wicklung (1) mit einem Wicklungsleiter (2) mit zumindest einer Windung und einer den Wicklungsleiter (2) zumindest teilweise umschließenden elektrischen Isolierung (3) aus einem Isoliermaterial, **dadurch gekennzeichnet, dass** in das Isoliermaterial wenigstens ein vom Isoliermaterial verschiedenes Phasenwechselmaterial eingebettet ist, wobei das Phasenwechselmaterial eine Phasenübergangstemperatur zwischen 40° Celsius und 200° Celsius aufweist.
2. Elektrische Wicklung (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Phasenwechselmaterial einen Phasenübergang zwischen fest und flüssig bei einer Phasenübergangstemperatur zwischen 40° Celsius und 200° Celsius aufweist.
3. Elektrische Wicklung (1) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Phasenwechselmaterial ein Material oder eine Mischung aus Materialien aus der Gruppe der Paraffine, der Salzhydrate und deren Mischungen oder der Salze und deren eutektischen Mischungen enthält.
4. Elektrische Wicklung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Phasenwechselmaterial in Mikrokapseln eingeschlossen ist.

5. Elektrische Wicklung (1) nach Anspruche 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Phasenwechselmaterial einen Phasenübergang zwischen fest und fest bei einer Phasenübergangstemperatur zwischen 40° Celsius und 200° Celsius aufweist. 5
6. Elektrische Wicklung (1) nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Phasenwechselmaterial ein Material oder eine Mischung aus Materialien aus der Gruppe der Paraffine, der Polyalkohole, der Salzhydrate oder der vernetzten Makromoleküle enthält. 10
7. Elektrische Wicklung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
dem Isoliermaterial Mittel zur Erhöhung der Wärmeleitfähigkeit zugesetzt sind. 15
20
8. Elektrische Wicklung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
in das Isoliermaterial wenigstens zwei verschiedene Phasenwechselmaterialien mit verschiedenen Phasenübergangstemperaturen eingebettet sind, die insbesondere miteinander vermischt sind. 25
9. Elektrische Wicklung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
mehrere insbesondere alle Windungen des Wicklungsleiters (2) gemeinsam mit dem Isoliermaterial vergossen sind. 30
35
10. Elektrische Wicklung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
das Isoliermaterial ein Gießharz ist. 40
11. Transformator insbesondere Gießharztransformator mit einer elektrischen Wicklung (1) nach einem der vorangehenden Ansprüche. 45
50
55

FIG 1
(Stand der Technik)





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 12 15 8388

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2004/056537 A1 (DU HUNG T [US] ET AL) 25. März 2004 (2004-03-25)	1-4,6,7, 9-11	INV. H01B3/02 H01B3/34 H01B3/40 H01F27/28 H01F27/32
Y	* Absätze [0078], [0087], [0089], [0090], [0140] * -----	5,8	
X	KR 2009 0110188 A (SILVERAY CO LTD [KR]) 21. Oktober 2009 (2009-10-21)	1-3,6,7, 9-11	
Y	* Absätze [0003], [0015], [0061] - [0065]; Abbildung 8c * -----	5,8	
Y	GB 2 169 146 A (SUNDSTRAND DATA CONTROL) 2. Juli 1986 (1986-07-02) * Seite 1, Zeilen 87-100 *	5	
Y	EP 0 185 596 A1 (ARMINES [FR]) 25. Juni 1986 (1986-06-25) * Seite 1, Zeile 4 - Seite 2, Zeile 32 * * Seite 3, Zeile 7 * -----	5,8	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H02K H01F H05K C09K H01B
1	Recherchenort München	Abschlußdatum der Recherche 24. Juli 2012	Prüfer Mayer-Martin, E
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03/82 (P04/C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 12 15 8388

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

24-07-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2004056537 A1	25-03-2004	US 2004056537 A1	25-03-2004
		US 2005278937 A1	22-12-2005
		US 2005280321 A1	22-12-2005

KR 20090110188 A	21-10-2009	KEINE	

GB 2169146 A	02-07-1986	AU 5147485 A	10-07-1986
		DE 3546403 A1	03-07-1986
		DK 608085 A	01-07-1986
		FR 2582183 A1	21-11-1986
		GB 2169146 A	02-07-1986
		JP 61162787 A	23-07-1986
		SE 8505946 A	01-07-1986
		US 4694119 A	15-09-1987

EP 0185596 A1	25-06-1986	DE 185596 T1	19-03-1987
		DE 3569938 D1	08-06-1989
		EP 0185596 A1	25-06-1986
		ES 8704534 A1	16-06-1987
		FR 2575173 A1	27-06-1986
		JP 1943359 C	23-06-1995
		JP 6062934 B	17-08-1994
JP 61233904 A	18-10-1986		

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82